



MIMO -ANTENNITEKNIikka

Jukka Myllyniemi

Opinnäytetyö
Marraskuu 2011
Tietotekniikka koulutusohjelma
Tietoliikenne ja -verkot
suuntautumisvaihtoehto
Tampereen ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma
Tietoliikenne ja -verkot suuntautumisvaihtoehto

MYLLYNIEMI JUKKA: MIMO -antennitekniikka

Opinnäytetyö 26 s.
Marraskuu 2011

Tässä opinnäytetyössä käsitellään MIMO -antennitekniikka ja sitä hyödyntäviä standardeja. Opinnäytetyössä käydään läpi MIMO -järjestelmät sekä yleisimmät MIMO -kanavat. Lisäksi tässä työssä perehdytään kolmeen MIMO:n päätoimintoon.

Opinnäytetyö on tehty lähdemateriaalien pohjalta, koska mahdollisuutta mittauksiin ei ollut kirjoitus hetkellä.

Asiasanat: MIMO, MISO, SIMO, SISO

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Information and Communication Technologies
Option of Telecommunications and Networks

MYLLYNIEMI JUKKA: MIMO

Bachelor's thesis 26 pages
November 2011

This thesis deals with MIMO antenna technology and utilizing standards. The thesis also goes through MIMO systems as well as MIMO channels. In addition, this thesis focuses on three main activities of MIMO.

The thesis has been made based on source material, because the possibility for measurements was not possible at the time of writing.

Key words: MIMO, MISO, SIMO, SISO

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	MIMO-ANTENNITEKNIikka.....	6
2.1	Historia.....	6
2.2	Standardit.....	7
2.2.1	IEEE 802.11 -standardi.....	7
2.2.2	IEEE 802.16 -standardi.....	8
2.2.3	3GPP LTE -standardi.....	10
2.3	Tekniikka.....	11
2.4	MIMO -järjestelmät.....	12
2.4.1	SISO.....	12
2.4.2	SIMO.....	12
2.4.3	MISO.....	13
2.4.4	MIMO.....	14
2.5	Kanavat.....	14
2.5.1	Rayleigh malli.....	15
2.5.2	Korreloitunut malli.....	15
2.5.3	Heikentynyt malli.....	16
2.6	Toiminnot.....	16
2.6.1	Esikoodaus.....	16
2.6.2	Alueellinen multipleksointi.....	17
2.6.3	Monimuotoisuus koodaus.....	18
3	ADAPTIIVISET ANTENNIT.....	19
3.1	Toimintamallit.....	19
3.2	Perustoiminnot.....	19
4	LAITTEISTO.....	21
5	YHTEENVETO.....	22
	LÄHTEET.....	23
	LYHENTEET.....	25

1 JOHDANTO

MIMO on antennitekniikka, jossa käytettävässä tekniikassa hyödynnetään useampaa kuin yhtä antennia niin signaalin vastaanotossa kuin signaalin lähetyksessä. Työssäni käsittelen sitä, kuinka MIMO -tekniikka on kehittynyt vuosien saatossa. Sekä sitä, miten standardeissa otetaan MIMO -tekniikka huomioon ja, mitkä standardit käyttävät MIMO -tekniikkaa. MIMOssa hyödynnetään IEEE 802.11- ja 802.16 -standardeja, näiden kahden standardin lisäksi myös 3GPP LTE -standardi hyödyntää MIMO -tekniikkaa.

Työssä käydään läpi perusmallit MIMO -järjestelmistä, joita on neljä. Tämän lisäksi työssä käydään läpi vielä yksinkertaisimmat MIMO kanavat. Tämän jälkeen käydään läpi MIMOn kolme tärkeintä toimintoa, jotka ovat esikoodaus, alueellinen multipleksointi ja monimuotoisuus koodaus. Lopuksi käydään läpi adaptiivisten antennien toimintamalleja ja niiden tärkeimpiä ominaisuuksia.

2 MIMO-ANTENNITEKNIikka

2.1 Historia

MIMO (engl. Multiple Input and Multiple Output) tuli ensimmäisen kerran esille vuonna 1984, kun Bell Laboratoriesin Jack Winters esitteli sen työssään “Optimum Combining in Digital Mobile Radio with Cochannel Interference”. Tämän jälkeen MIMO -tekniikan parissa alkoi merkittävä kehitystyö.

Uusilla radikaaleilla lähestymistavoilla vuonna 1996 saatiin selvitettyä, kuinka signaalin tehokkuutta saadaan kasvatettua MIMO -kanavissa. Gregory G. Raleigh and V.K. Jones kirjoittivat artikkelin “Multivariate Modulation and Coding for Wireless Communication”, jossa he väittivät, että monitie -etenemisellä voi olla moninkertaistuva kapasiteetti, jos monitie -etenemistä on käytetty tarkoituksen mukaisessa rakenteessa. Samana vuonna Gerald J. Foschini esitteli BLAST -konseptin (engl. Bell Laboratories Layered Space Time) työssään “Layered Space-Time Architecture for Wireless Communication in a Fading Environment When Using Multi-Element Antennas”.

Vuonna 1999 I. Emre Telatar selvitti MIMOn matemaattisen kaavan työssään “Capacity of multi-antenna Gaussian channels”. Hänen mukaansa kanavien kapasiteetti kasvaa antennien lukumäärän mukaan ja on suhteellisesti verrattavissa vähimmäismäärään lähettäviä tai vastaanottavia antenneja.

Bell Laboratories suoritti ensimmäisen onnistuneen testin laboratorio-olosuhteissa vuonna 1998. Vuonna 1999 Gigabit Wireless Inc. ja Stanfordin Yliopisto suorittivat ensimmäisen onnistuneen testin ulko-olosuhteissa. Iospan Wireless Inc. valmisti ensimmäisen kaupallisen tuotteen markkinoille vuonna 2002. MIMOn akateeminen 4x4 testausympäristö aloitti toimintansa vuonna 2003, Albertan Yliopistossa. (Albertan Yliopisto 2010)

2.2 Standardit

MIMO -tekniikkaa hyödynnetään pääosin seuraavissa standardeissa IEEE 802.11, IEEE 802.16 ja 3GPP LTE.

2.2.1 IEEE 802.11 -standardi

IEEE (engl. Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.11-standardi julkaistiin vuonna 1997 ja se on standardi langattomille lähiverkoille, WLAN -verkoille (engl. Wireless Local Area Network). Standardi toimii 2,4 GHz taajuudella. Datan teoreettisena siirtonopeutena IEEE 802.11 -standardissa on 1 megabittiä sekunnissa ja 2 megabittiä sekunnissa. Standardin kaistanleveys on 20 MHz, joka myös pysyi myöhemmin julkaistuissa 802.11-standardeissa. Standardissa on kaksi modulaatiomenetelmää DSSS (engl. Direct-sequence spread spectrum) ja FHSS (engl. Frequency-hopping spread spectrum). (IEEE 1996)

802.11 -standardista on julkaistu vuosien aikana neljä uudempaa päivitystä 802.11a, 802.11b, 802.11g ja 802.11n. Vuonna 1999 julkaistiin ensimmäiset uudet standardit 802.11a ja 802.11b. Tästä kului neljä vuotta ennen seuraavan standardin julkaisu, joka tapahtui vuonna 2003, jolloin 802.11g -standardi julkaistiin. Vuoden 1999 standardista tehtiin vielä päivitetty versio vuonna 2007. Viimeisin julkaisu tapahtui vuonna 2009, jolloin 802.11n -standardi julkaistiin.

IEEE 802.11b -standardin merkittävimpana muutoksena verrattuna alkuperäiseen 802.11 -standardiin on teoreettisen siirtonopeuden huomattava kasvu suurimmillaan 11 megabittiin sekunnissa. Standardin toimintataajuuden pysyessä 2,4 GHz:inä kuten alkuperäisessä 802.11 -standardissa. Modulaatiomenetelmänä standardissa toimii DSSS. (IEEE 1999)

IEEE 802.11a -standardi käyttää suurimmaksi osaksi samaa standardia kuin alkuperäinen 802.11, mutta yhtenä muutoksena alkuperäiseen standardiin siihen tuli eri modulaatiotekniikka. Modulaatiotekniikkana 802.11a -standardissa toimii OFDM (engl. Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) modulaatio. Muita muutoksia, joita standardiin tehtiin olivat toimintataajuuden muuttaminen 5 GHz:iin ja teoreettisen

siirtonopeuden moninkertaistuminen 802.11b -standardiin verrattuna, siirtonopeuden kasvaessa parhaimmillaan 54 megabittiä sekunnissa sekä lisäksi virheenkorjauskoodin. (IEEE 1999)

IEEE 802.11g -standardissa on sama toimintataajuus kuin 802.11b -standardissa 2,4 GHz. Modulaatiotekniikkana standardissa on OFDM, joka on sama kuin aikaisemmassa 802.11a -standardissa. 802.11a -standardista samoina arvoina pysyivät teoreettinen maksimi siirtonopeus 54 megabittiä sekunnissa sekä myös virheenkorjauskoodi. (IEEE 2003)

IEEE 802.11n -standardi parantaa aikaisempia 802.11 -standardeja lisäämällä siihen MIMO -antennitekniikkaa. Standardissa hyödynnetään molempia aikaisemmissa 802.11 -standardeissa käytettyjä toimintataajuuksia 2,4 GHz ja 5 GHz. Teoreettinen maksimisiirtonopeus standardilla on yli 100 megabittiä sekunnissa. 802.11n -standardi on yhteensopiva vanhojen 802.11 -standardien kanssa. Standardiin myös lisättiin toinen vaihtoehto kaistanleveydeksi 40 MHz, jonka johdosta siirtonopeus saatiin kaksinkertaistettua. 802.11n -standardi tukee kahdesta neljään antennia niin signaalin lähetyksessä kuin signaalin vastaanotossa. (IEEE 2009)

TAULUKKO 1. 802.11-standardi

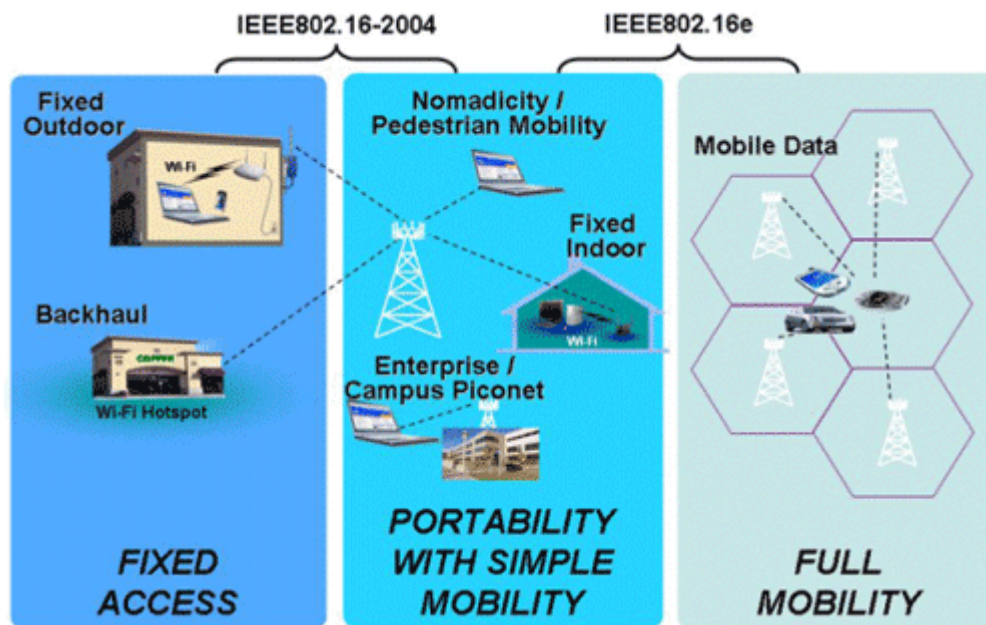
Standardi	Julkaisu- vuosi	Toiminta- taajuus (GHz)	Siirto-nopeus (Mbps)	Kaistanleveys (MHz)	Modulaatio- tekniikka
802.11	1997	2,4	1 / 2	20	DSSS / FHSS
802.11b	1999	2,4	11	20	DSSS
802.11a	1999	5	54	20	OFDM
802.11g	2003	2,4	54	20	OFDM
802.11n	2009	2,4 / 5	100+	20 / 40	OFDM

2.2.2 IEEE 802.16 -standardi

IEEE 802.16 -standardi mahdollistaa nopean yhteyden mm. kannettaviin tietokoneisiin ja älypuhelimiin ilman riippuvuutta tukiasemaan. Ensimmäisessä 802.16 -standardissa

oli tuki ilmarajapinnalle 10 GHz ja 66 GHz välisille taajuuksille. Standardin julkaisu tapahtui vuonna 2001.

IEEE 802.16e -standardi on uudempi versio aikaisemmalle 802.16 -standardille, joka mahdollistaa laajakaistan laajemmalle peittoalueelle. 802.16e -standardi tunnetaan yleisesti myös WiMAX:ina (engl. Worldwide Interoperability for Microwave Access), nimi on lähtöisin WiMAX Forum organisaatiolta, joka käyttää 802.16e -standardia mm. sertifiointiin. 802.16e -standardissa on useita fyysisiä kerroksia ja MIMO -operaatiotiloja. WiMAX:in mobiiliprofiili tukee OFDMA -modulaatiota ja muita MIMOn perustoimintoja. 802.16e:ssä on Quality of Service tuki, jolla tarkoitetaan priorisointia ja luokittelua. Kuviossa 1 nähdään, miten 802.16 -standardi ja 802.16e -standardi eroavat toisistaan. (Eurecom; Techpluto 2009; IEEE 2005)



KUVIO 1. 802.16 -standardin kehitystä. (Cmpnet 2005)

IEEE 802.16m -standardin tarkoituksena on kehittää 802.16 -standardin ilmarajapintaa. Fyysisellä kerroksella käytetään MIMO OFDMA -modulaatiota, mutta standardi tukee myös kehittyneempää tekniikkaa, kuten adaptiivista feedbackia (engl. adaptive feedback), usean käyttäjän MIMO (engl. multiuser MIMO), uudelleensijoittamista (engl. relaying) ja tukiaseman yhteistyötä. (Eurecom)

2.2.3 3GPP LTE -standardi

LTE (engl. Long Term Evolution) on 3GPP järjestön julkaisema standardi, joka on 3GPP:n (engl. 3rd Generation Partnership Project) 8 julkaisu (engl. 3GPP 8 Release). Työ standardin parissa aloitettiin vuonna 2004, jonka tarkoituksena oli keskittyä parantamaan UTRA (engl. Universal Terrestrial Radio Access) ja optimoimaan 3GPP:n radioarkkitehtuuria. Tavoitteena oli saada keskivertokäyttäjälle suoritustehoa kolme, neljä kertaa enemmän kuin version 6 HSDPA (engl. High Speed Downlink Packet Access) downlinkissa 100 Mbps (engl. Megabits per second) ja kaksi, kolme kertaa enemmän kuin HSUPA (engl. High Speed Uplink Packet Access) uplinkissa 50 Mbps. Vuonna 2007 standardi eteni vaiheeseen, jossa sen tekniset tiedot olivat laajasti hyväksyttävissä. Seuraavana vuonna 2008 standardin tekniset tiedot olivat riittävän vakaita kaupalliseen toteutukseen. Modulaatiotekniikoiksi valittiin OFDM downlinkille ja SC-FDMA (engl. Single Carrier-Frequency Division Multiple Access) uplinkille. (3GPP 2011)

Standardin hyötyinä ovat mm. alhainen latenssi, yksinkertainen protokolla arkkitehtuuri ja spektrin tehokkuus. Standardissa on mm. tuki kuudelle eri kaistanleveydelle suurimman vaihtoehdon ollessa 20 MHz ja pienimmän vaihtoehdon ollessa 1,4 MHz. Kuviossa 2 nähdään LTE standardin tärkeimmät parametrit. Kuviossa 3 on standardin matkapuhelimiin sovelletut parametrit. (3GPP 2011)

Access Scheme	UL	DFTS-OFDM
	DL	OFDMA
Bandwidth	1.4, 3, 5, 10, 15, 20MHz	
Minimum TTI	1msec	
Sub-carrier spacing	15kHz	
Cyclic prefix length	Short	4.7μsec
	Long	16.7μsec
Modulation	QPSK, 16QAM, 64QAM	
Spatial multiplexing	Single layer for UL per UE Up to 4 layers for DL per UE MU-MIMO supported for UL and DL	

KUVIO 2. LTE -standardin tärkeimmät parametrit. (3GPP 2011)

Category		1	2	3	4	5
Peak rate Mbps	DL	10	50	100	150	300
	UL	5	25	50	50	75
Capability for physical functionalities						
RF bandwidth		20MHz				
Modulation	DL	QPSK, 16QAM, 64QAM				
	UL	QPSK, 16QAM				QPSK, 16QAM, 64QAM
Multi-antenna						
2 Rx diversity		Assumed in performance requirements.				
2x2 MIMO		Not supported	Mandatory			
4x4 MIMO		Not supported				Mandatory

KUVIO 3. LTE -standardin matkapuhelin parametrit. (3GPP 2011)

2.3 Tekniikka

MIMO -tekniikassa hyödynnetään monitie -etenemistä, jonka avulla saadaan luotua järjestelmälle moninkertainen kapasiteetti. MIMO -järjestelmien datavirrat ovat jaettuina useisiin yksittäisiin datavirtoihin, näistä datavirroista, jokainen moduloidaan ja lähetetään eri antennisarjojen kautta yhtä aikaa samalla taajuuskanavalla. MIMO -tekniikka hyödyntää signaalin etenemisessä ympäristön rakenteita sekä hyödyntää monitie -etenemisen heijastuksia parantaakseen radiolähteyksen suorituskykyä. Monitie -etenemisessä, jokainen yksittäinen MIMO -vastaanottoantenni on osa lineaarista kokonaisuutta siirrettäessä useita datavirtoja. Monitie -etenemisen kulkureitit voidaan pitää erillisillä kanavilla luomalla virtuaalisia johtoja, jotka lähettävät signaalia. (Techrepublic 2007)

Alueellisesti MIMO käyttää useita erillisiä antennoja saadakseen kaiken hyödyn virtuaalisista johdoista ja siirtääkseen lisää dataa näiden avulla. Datan siirtonopeus kanavaa kohdin kasvaa lineaarisesti datavirtojen määrää kohdin, joita lähetetään samalla kanavalla. (Techrepublic 2007)

MIMO -tekniikalla voidaan lähettää dataa useisiin antenneihin samalla hetkellä, kuten kuviossa 4 nähdään. Hyödyntääkseen MIMO -tekniikkaa, joko mobiililaitteessa tai tukiasemassa täytyy tukea MIMO -tekniikkaa. Optimaalinen suorituskyky tosin saadaan vain, jos molemmat laitteet tukevat tekniikkaa. (Intel 2011)



KUVIO 4. MIMO -tekniikka käytännössä (Intel 2011)

2.4 MIMO -järjestelmät

MIMO -järjestelmiä on neljä perusmallia SISO, SIMO, MISO ja MIMO. Näiden lisäksi on vielä olemassa mm. MU-MIMO.

2.4.1 SISO

SISO (engl. Single Input Single Output) järjestelmä, jossa lähetyksessä ja vastaanotossa molemmissa on käytössä vain yksi antenni. Tätä järjestelmää käytetään mm. radio- ja televisiolähetyksiin sekä henkilökohtaisiin langattomiin verkkoihin. Kuviossa 5 nähdään SISO -järjestelmä käytännössä. (Conniq 2011)

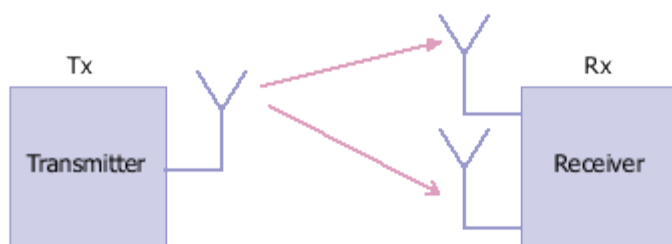


KUVIO 5. SISO -järjestelmä. (Conniq 2011)

2.4.2 SIMO

SIMO (engl. Single Input Multiple Output) on yhden lähetysantennin ja usean vastaanottoantennin järjestelmä. Vastaanotin voi valita kahdesta vaihtoehdosta, joko se

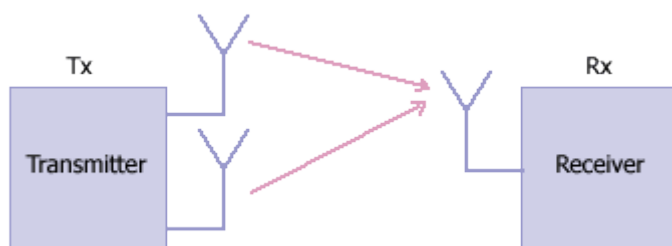
voi valita voimakkaimman signaalin saaneen vastaanottoantennin, tämä tunnetaan myös kytkettynä tai valikoivana monimuotoisuutena. Toinen vaihtoehto on yhdistää kaikkien vastaanottoantennien signaalin maksimoidakseen SNR (engl. Signal to Noise Ratio), tämä tunnetaan nimellä MRC (engl. Maximal Ratio Combining). Kuviossa 6 on SIMO -järjestelmän käytännön toteutus menetelmä. (Conniq 2011)



KUVIO 6. SIMO -järjestelmä. (Conniq 2011)

2.4.3 MISO

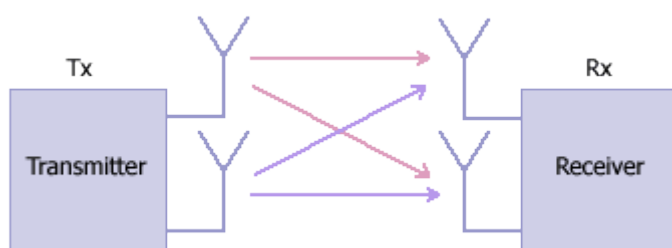
MISO (engl. Multiple Input and Single Output) järjestelmä, jossa lähetys käyttää useampaa antennia ja vastaanotto käyttää vain yhtä antennia. Tätä tekniikka kutsutaan myös Alamouti STC (engl. Space Time Coding), jossa lähetin on työllistettynä kahdesta antennista. STC mahdollistaa sen, että lähetin voi lähettää sekä ajan, että paikan tiedot eteenpäin. Tarkoittaen sitä, että signaali on lähetetty kahdesta eri antennista kahtena eri ajankohtana peräkkäin. Kuvioista 7 nähdään, kuinka MISO -järjestelmän käytännön toteutus tehtäisiin. (Conniq 2011)



KUVIO 7. MISO -järjestelmä. (Conniq 2011)

2.4.4 MIMO

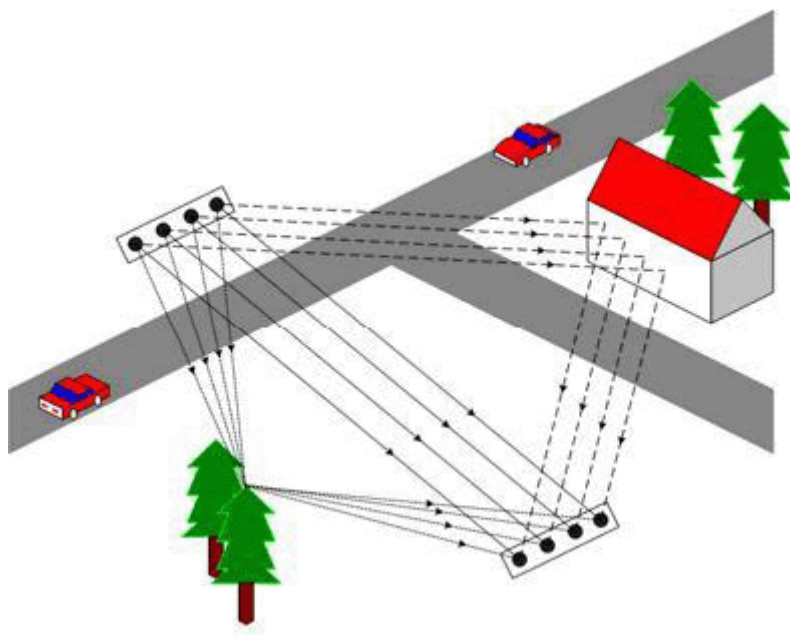
MIMO (engl. Multiple Input and Multiple Output), monilähtöinen ja monituloinen antennijärjestelmä, tämän ansiosta MIMO -järjestelmä moninkertaistaa radiolinkin suoritustehon. Tämän kaltainen järjestelmä pystyy luomaan moninkertaisen suorituskyvyn jokaista lisättyä antennia kohdin. Kuviossa 8 on MIMO -järjestelmän mallinnus siitä, kuinka järjestelmä toimii. (Conniq 2011)



KUVIO 8. MIMO -järjestelmä. (Conniq 2011)

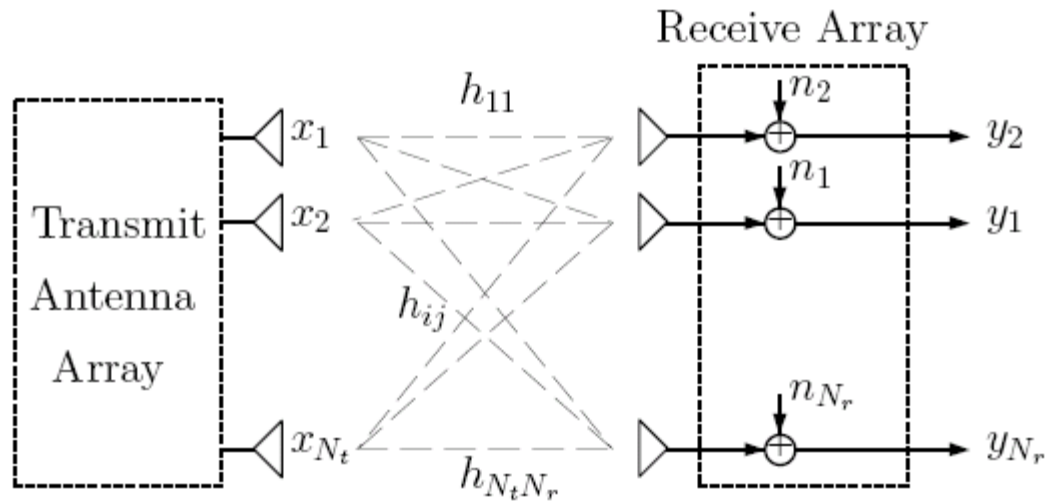
2.5 Kanavat

MIMO kanavat toimivat parhaiten sellaisessa ympäristössä, jossa signaalilla on monta erillistä kulkureittiä, tämä käy ilmi kuviossa 9.



KUVIO 9. MIMO kanavat (Albertan Yliopisto 2010)

MIMO kanavien kommunikointi järjestelmä pyrkii hyödyntämään monitie -etenemistä luodakseen kanavalle lisää kapasiteettia. Kuviossa 10 on esitys MIMO -kanavien lohkokaaviosta.



KUVIO 10. MIMO kanavamallin lohkokaavio. (Albertan yliopisto 2010)

Seuraavia kolmea yksinkertaista mallia käytetään yleisesti esimerkkeinä puhuttaessa MIMOn kanavamalleista, nämä mallit ovat rayleigh malli, korreloitunut malli ja heikentynyt malli.

2.5.1 Rayleigh malli

Rayleigh malli (engl. Rayleigh model) on malli, jossa merkinnät H ja H mallinnetaan nolla-keskiarvoa tarkoittavana Gaussin satunnaismuuttujana yksikkö varianssilla ja ne jaetaan itsenäisesti ja identtisesti. Matriisin M keskiarvo lisätään H :n arvoon. (Albertan Yliopisto 2010)

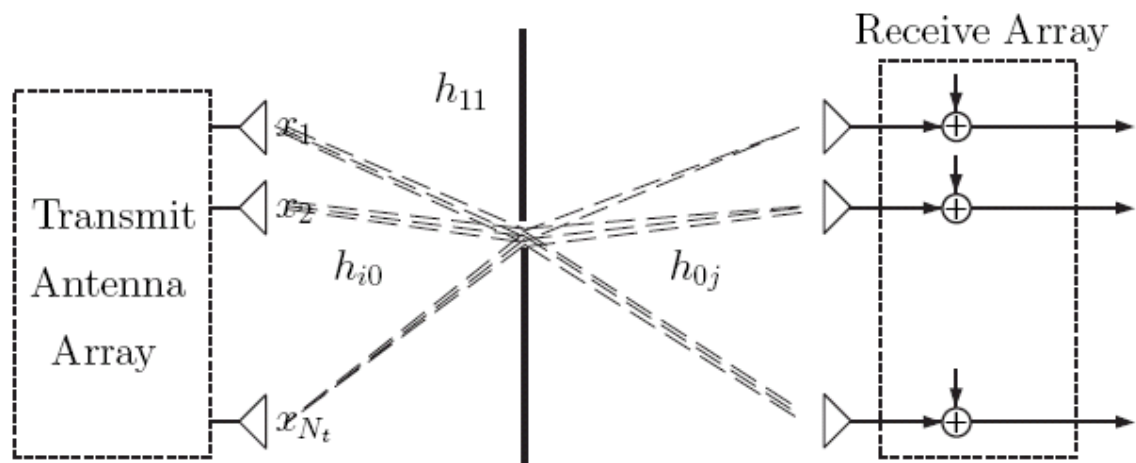
2.5.2 Korreloitunut malli

Korreloitunut malli (engl. Correlated model) on malli, jossa merkinnät H ja H mallinnetaan Gaussin satunnaismuuttujana yksikkö varianssilla, keskiarvolla M ja korrelaatiolla $E[h_{ij}h_{kl}^*] = \mathbf{R} \cdot \mathbf{H} \cdot \mathbf{T}^T$, missä \mathbf{T} kuvaa

lähetyksen raskautta tai kuorman korrelaatiota ja R kuvaa vastaanoton raskautta tai kuormaa. (Albertan Yliopisto 2010)

2.5.3 Heikentynyt malli

Heikentyneessä mallissa (engl. Degraded model) mallinnetaan avaimenreikä kanavaa (engl. keyhole channel), jolla mallinnetaan pieniä aukkoja, kuten reikiä, käytäviä ja tunneleita, tämä mallinnus voidaan nähdä kuviosta 11. Tässä mallissa kanava on heikompi kapasiteetti näkökulmasta, mutta se pystyy silti tuottamaan tarpeeksi monimuotoisuutta. (Albertan Yliopisto 2010)



KUVIO 11. Keyhole kanava. (Albertan Yliopisto 2010)

2.6 Toiminnot

MIMOlla on kolme pääasiallista toimintoa, jotka ovat esikoodaus, alueellinen multipleksointi ja monimuotoisuus koodaus.

2.6.1 Esikoodaus

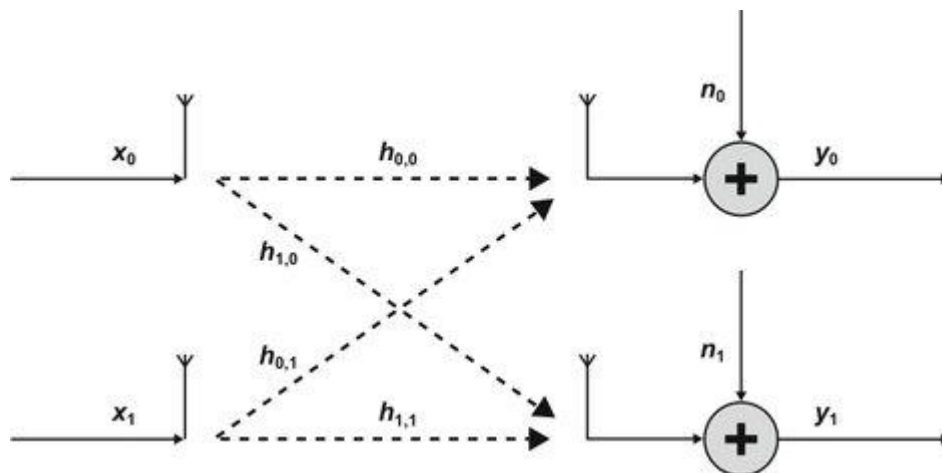
Esikoodausta (engl. Precoding) voidaan kuvailla kahdella tavalla, joko suppeasti tai laajasti kuvailtuna. Suppeasti kuvailtuna esikoodaus tarkoittaa multi-layer tasolla tapahtuvaa säteenohjausta (engl. Beamforming) ja laajasti kuvailtuna esikoodaus

tarkoittaa paikkatietojen prosessointia lähettimessä. Single-layer tasolla tapahtuvassa säteenohjauksessa samaa signaalia lähetetään jokaisesta antennista sopivassa vaiheessa siten, että teho on maksimoitu vastaanottimen sisään menossa. Esikoodauksen hyödyiksi voidaan laskea signaalin rakentava yhdistäminen sekä vähentävä vaikutus häipymiseen monitie -etenemisessä. (WiZiQ 2011)

2.6.2 Alueellinen multipleksointi

Alueellisessa multipleksoinnissa (engl. Spatial Multiplexing) korkeatasoinen signaali jaetaan useisiin matalatasoisiin datavirtoihin ja jokainen datavirta välitetään eteenpäin eri lähetysantenneilla samalla taajuuskanavalla. Signaalien saapuessa vastaanottoantenneille huomattavasti eri tilallisina allekirjoituksina, vastaanotin voi erotella datavirrat, luodakseen samalla rinnakkaiskanavia. Alueellinen multipleksointi on tekniikka, jolla voidaan kasvattaa kanavien kapasiteettia korkeammalle signaali-kohinasuhteelle. (WiZiQ 2011)

Kuviossa 12 esitetään, kuinka alueellinen multipleksointi toimii 2x2 -järjestelmässä. Tästä nähdään, että jokainen datavirta lähetetään eteenpäin jokaisesta lähetysantennista jokaiseen vastaanottoantenniin. (Embedded Computing 2009)



KUVIO 12. Alueellinen multipleksointi 2x2 -järjestelmä. (Embedded Computing 2009)

2.6.3 Monimuotoisuus koodaus

Monimuotoisuus koodauksessa (engl. Diversity Coding) yksittäinen datavirta lähetetään ja signaali on koodattu käyttäen aika-avaruuskoodausta (engl. space-time coding) tekniikka. Signaali lähetetään, jokaisesta lähetysantennista käyttäen tiettyä periaatetta tai ortogonaalista koodausta. Monimuotoisuus koodauksessa hyödynnetään MIMO - antennilinkkien monitiehäipymistä, joilla parannetaan signaalin monimuotoisuutta. (WiZiQ 2011)

3 ADAPTIIVISET ANTENNIT

3.1 Toimintamallit

Adaptiivisilla antenneilla on kaksi toimintamallia, jotka ovat säteenvaihto älyantennit (engl. Switched beam smart antennas) ja adaptiivinen antenniryhmä (engl. Adaptive array smart antennas).

Säteenvaihto älyantennit on suunniteltu siten, että niillä on käytössään useita valmiiksi asemoituja sädealueita. Tästä johtuen antennin ohjauselementit voivat valita sopivat ehdot vallitseviin olosuhteisiin. Tämä yksinkertaistaa niiden suunnittelua ja tuottaa tarvittavan määrän adaptiivisuutta moniin eri sovelluksiin.

Adaptiiviset antenniryhmät mahdollistavat jatkuvan säteenohjaamisen mihin tahansa suuntaan, jotta signaali pystytään vastaanottamaan tai nollaamaan ilman mitään häiriöitä.

Molemmilla antennityypeillä pystytään tarjoamaan riittävästi suuntaavuutta, mutta valinta niiden välillä on tehtävä suorituskkyä koskevien vaatimuksien ja muiden ominaisuuksien mukaan. (Radio Electronics)

3.2 Perustoiminnot

Adaptiivisten antennien on täytettävä lisäksi kaksi lisävaatimusta pelkän signaalin lähettämisen ja vastaanottamisen ohella. Vaatimuksina adaptiivisille antenneille on asetettu seuraavat kaksi asiaa Direction of Arrival Estimation ja Beamforming.

Saapumissuunnan arvioinnin (engl. Direction of Arrival Estimation) on tarkoitus parantaa adaptiivisten antennien toimintaa, jotta adaptiiviset antennit pystyvät takaamaan vaadittavan toimivuuden ja optimoinnin lähetyksessä ja vastaanotossa niiden on kyettävä havaitsemaan saapuvan signaalin suunnan. Vastaanotettu signaali välitetään signaaliprosessoriin antennissa ja tämä analysoi signaalin.

Saapumissuunnan arvioinnin tarpeellisuuden takia säteenohjauksessa (engl. Beamforming), jokainen häiriösignaali analysoidaan, jonka ansiosta antennin ohjauspiiri kykenee optimoimaan ja suuntaamaan antennit tarpeeksi nopeasti oikeaan suuntaan tuottaakseen tarvittavan suorituskyvyn. (Radio Electronics)

4 LAITTEISTO

Kuvioissa 13 ja 14 nähdään esimerkit langattomista reitittimistä, joissa käytetään MIMO -tekniikkaa.



KUVIO 13. MIMO -reititin (Danstechreviews 2005)



KUVIO 14. MIMO -reititin. (Tomshardware 2005)

5 YHTEENVETO

MIMO on ollut jo muutaman vuoden merkittävä osa langatonta tiedonsiirtoa ja tulee varmasti myös olemaan sitä vielä monta vuotta tämänkin jälkeen. MIMO on tehnyt langattomien laitteiden suunnittelusta huomattavasti helpompaa, koska laitteisiin on voitu sijoitella useampi antenni laitteen eri puolille. Siitä, että monet uudet matkapuhelinstandardit tukevat MIMOa, mutta MIMO -tekniikka ei kuitenkaan ole ollut vielä edes vuosikymmentä ns. peruspuhelimissa, joten voidaan olettaa siitä olevan vielä hyötyä monessa asiassa.

Kaiken kaikkiaan MIMO on ollut hyvin hyödyllinen keksintö, jota varmasti tullaan hyödyntämään vielä monessa erilaisessa langattomaan tiedonsiirtoon liittyvässä asiassa ainakin vielä 2010 -luvulla, miksi ei vielä sen jälkeen.

LÄHTEET

Albertan Yliopisto. 2010. [www-sivu]. Luettu 11.03.2011.
<http://www.ece.ualberta.ca/~HCDC/mimohistory.html>

IEEE. 1996. [www-sivu]. Luettu 31.10.2011.
<http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Tutorial/General.pdf>

IEEE. 1999. [pdf-dokumentti]. Luettu 31.10.2011.
<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11b-1999.pdf>

IEEE. 1999. [pdf-dokumentti]. Luettu 31.10.2011.
<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11a-1999.pdf>

IEEE. 2003. [pdf-dokumentti]. Luettu 31.10.2011.
<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11g-2003.pdf>

IEEE. 2009. [pdf-dokumentti]. Luettu 15.03.2011.
<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11n-2009.pdf>

Eurecom. [pdf-dokumentti]. Luettu 17.03.2011.
http://www.eurecom.fr/~gesbert/papers/JSAC_limitedfeedback_tutorial.pdf

Cmpnet. 2005. [www-sivu]. Luettu 15.11.2011.
<http://i.cmpnet.com/techonline/images/community/content/feature/legg/beyond3g2.gif>

3GPP. 2011. [www-sivu]. Luettu 19.11.2011.
<http://www.3gpp.org/LTE>

Techpluto. 2009. [www-sivu]. Luettu 14.03.2011.
<http://www.techpluto.com/wimax-in-detail/>

IEEE. 2005. [pdf-dokumentti]. Luettu 17.03.2011.
<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.16e-2005.pdf>

Techrepublic. 2007. [www-sivu]. Luettu 17.03.2011.
<http://www.techrepublic.com/blog/wireless/80211n-mimo-and-multipath-environments/156>

Intel. 2011. [www-sivu]. Luettu 10.11.2011.
<http://www.intel.com/support/wireless/sb/cs-025345.htm>

Conniq. 2011. [www-sivu]. Luettu 18.11.2011.
<http://www.conniq.com/WiMAX/mimo-01.htm>

Conniq. 2011. [www-sivu]. Luettu 18.11.2011.
<http://www.conniq.com/WiMAX/mimo-02.htm>

WiZiQ. 2011. [www-sivu]. Luettu 15.03.2011.
<http://www.wiziq.com/tutorial/13013-MIMO>

Embedded-Computing. 2009. [www-sivu]. Luettu 15.11.2011.
<http://embedded-computing.com/choosing-open-closed-loop-mimo-bts-systems>

Radio Electronics. [www-sivu]. Luettu 16.03.2011.
<http://www.radio-electronics.com/info/antennas/smart-adaptive-antennas-array/technology-basics-tutorial.php>

Danstechreviews. 2005. [www-sivu]. Luettu 19.11.2011.
<http://www.danstechreviews.com/?p=12>

Tomshardware. 2005. [www-sivu]. Luettu 19.11.2011.
<http://www.tomshardware.com/reviews/holiday-buyers-guide-2005,1162-24.html>

LYHENTEET

BLAST	Bell Laboratories Layered Space Time, Bell Laboratories kehittänyt MIMO esiaste
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, organisaatio, joka mm. julkaisee tiedonsiirto standardeja
WLAN	Wireless Local Area Network, langaton lähiverkko verkkolaitteille esim. tietokoneet
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum, suorasekventointi, tietoliikenteessä käytettävä modulointitekniikka
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum, taajuushyppely, radiosignaalien lähetykseen käytettävä modulointitekniikka
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing, langattomassa tiedonsiirrossa käytettävä modulointitekniikka
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access, standardi, joka tunnetaan myös IEEE 802.16
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access, OFDM:n usean käyttäjän versio
GHz	Gigahertz, taajuuden yksikkö
MHz	Megahertz, taajuuden yksikkö
3GPP	3rd Generation Partnership Project, kolmannen sukupolven matkapuhelinjärjestelmien yhteistyöorganisaatio
LTE	Long Term Evolution, nopean langattoman verkkoyhteyden standardi 3G- ja 4G -verkoille
UTRA	Universal Terrestrial Radio Access, LTE:n ilmarajapinta
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access, 3G protokolla
Mbps	Megabits per second, megabittiä sekunnissa
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access, 3G protokolla
SC-FDMA	Single Carrier-Frequency Division Multiple Access, modulointitekniikka
SISO	Single Input Single Output, antennijärjestelmä, jossa on yksi antenni lähetyksessä ja yksi antenni vastaanotossa
SIMO	Single Input Multiple Output, antennijärjestelmä, jossa on yksi antenni lähetyksessä ja ainakin kaksi antennia vastaanotossa
SNR	Signal to Noise Ratio, signaali-kohina suhde

MRC	Maximal Ratio Combining, tietotekniikan termi, jossa signaalit on laskettu yhteen
MISO	Multiple Input Single Output, antennijärjestelmä, jossa on ainakin kaksi antennia lähetyksessä, mutta vain yksi antenni vastaanotossa
STC	Space Time Coding, langattomassa tiedonsiirrossa käytettävä tekniikka parempaan tiedonsiirtoon
MIMO	Multiple Input Multiple Output, antennijärjestelmä, jossa on ainakin kaksi antenni sekä lähetyksessä, että vastaanotossa